

屏東縣第 66 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：“果”盡“乾”來～水果乾製作之研究

關 鍵 詞：果肉纖維、果實結構、水果乾

編號：B7006

目錄

摘要-----	p.2
壹、前言-----	p.3
貳、研究設備及器材-----	p.5
參、研究過程與方法-----	p.5
肆、研究結果-----	p.12
伍、討論-----	p.18
陸、結論-----	p.19
柒、參考資料和其他-----	p.24

摘要

從十月到隔年一月進行科學探究時，我們選用當季 13 種來製作成水果乾。並歸類分為四大類：分別為有緻密果皮、柑橘類、高膳食纖維類、其他類。並依水果乾的形成，檢測水果乾片的**厚度變化、重量變化、甜度變化、還有品嘗人員的主觀檢測**。我們發現：

- 一、品嘗人員最高評價為**鳳梨**，而且遠超第二名的評分。而香蕉和葡萄整體評分最低。
- 二、做成水果乾之後，**甜度普遍會提升一些**，但不多。
- 三、水果乾的外型普遍會變形，但是各類型水果之間，差異性還是很大。其中有**薄皮水果**，變形最為嚴重。
- 四、香氣在剛烘烤完後，最為濃郁，尤其是**柑橘類**。
- 五、所有水果乾在**7 小時的烘烤之後**，除了少數，幾乎在冷卻後，**都可以完全乾燥**。並且發現**果肉的纖維、含水量、果實結構**等因素都會影響水果乾的品質。

壹、前言

一、研究動機：

身為水果王國的台灣，在一次戶外的教學活動，在農場品製作的活動中，我們學會果乾的製作。果乾製作的時間長短不一，使用**低溫烘乾**，通常要花去兩天左右的时间；**高溫烘烤**也要七八個小時。原則上，**溫度、含水量和果肉的厚薄**，都會決定烘烤時間的長短，另**溫度越低、含水量越高**的條件下，花費的時間就越久。所以我們決定以做出最完美的果乾為目標，作為本次科展的目標。

二、研究目的：

不同種類的水果，在不同條件下，所製作出來的水果乾差異。粉色為我們所採用的實驗水果，其他則因為季節或價錢問題而省略。但分類上，它們是同一類型水果。

(一)依「**果肉纖維**」的差異來做研究分析：

- 1.高纖水果：**小番茄、奇異果、鳳梨**、釋迦，芒果。
- 2.低纖水果：**香蕉、葡萄**、木瓜、荔枝、龍眼、**櫻桃**。

(二)依「**果肉含水量**」的差異來做研究分析：

- 1.高含水量水果：西瓜、草莓、**柑橘、哈密瓜**、李子、桃子、**櫻桃**。
- 2.低含水量水果：芭樂、**蘋果**、蓮霧、酪梨。

(三)依據植物學的「**果實結構**」進行分類：

- 1.仁果類：**蘋果**、梨子、枇杷、柿子。
- 2.核果類：桃子、李子、**櫻桃**、龍眼、荔枝。
- 3.柑橘類：**橘子、柳橙**、柚子、檸檬。
- 4.瓜果類：西瓜、**哈密瓜**、香瓜。
- 5.漿果類：**香蕉**、木瓜、**鳳梨**、釋迦、**火龍果、番茄**。

三、文獻回顧：

(一)果乾機使用說明：

使用果乾機前，先將食材切片並平鋪在烤盤上，確保通風，然後將烤盤放入果乾機。根據食材設定合適的溫度（**水果約 55-60°C**，**香草約 35-40°C**），並設定烘乾時間。烘乾過程中可能需要 **35~75°C** 的溫度，以**熱風循環**的方式使食材均勻乾燥。

(二)果乾製作原理：

果乾的製作原理是通過乾燥將水果中的水分移除，以**降低水活性**，**抑制微生物生長**，進而延長保存期限。常見的乾燥方式包括**低溫烘乾**、**熱風乾燥**和**冷凍乾燥**等，其中冷凍乾燥能最佳地保留營養和風味，而其他方式則可能因溫度、時間等因素影響果乾的品質。

1.低溫烘乾：

原理：在約 **40-60°C** 的溫和環境下，利用熱風或乾燥機緩慢蒸發水分。

特色：保留較多香氣、風味和營養素，口感自然 Q 彈，顏色不易褐變。

2.高溫烘乾：

原理：在 **100°C** 左右的較高溫度下快速乾燥。

特色：速度快、有殺菌效果，但維生素等營養素易流失，口感偏硬，常需加糖防腐。

3.冷凍乾燥：

原理：先將水果急速冷凍，在真空狀態下讓冰晶直接昇華成水蒸氣，水分被抽離。

特色：能最大程度保留營養、顏色和形狀，口感酥脆，是技術最先進、成本最高的方法。

(三)果乾製作過程：

果乾的製作過程主要為清洗、切片、乾燥，再進行冷卻和包裝。首先，將水果徹底清洗並**切成適當厚度的薄片**，接著使用低溫烘乾機或烤箱進行長時間烘乾，至水分蒸發。最後，將烘乾好的果乾取出冷卻後再密封保存。

1.水果前處理：厚皮水果需去皮切片（約 **0.5-1cm**），可考慮先進行滲透預措處理（糖醃漬或高糖液浸泡）。

2.熱風乾燥：

(1) 溫度控制：建議在 **50-65°C**。

(2) 翻面：每 **2-3** 小時翻面一次。

(3) 判斷標準：乾燥至質地微韌且不黏手為止。

(四)果乾製作步驟：

1.清洗與前處理：將水果徹底清洗乾淨再去皮或去籽。

2.切片：將水果切成均勻的片狀，太薄容易變形或黏住，太厚則不易乾。

3.乾燥：烘烤時間視水果種類、厚度和設備而異。

4.冷卻與包裝：將果乾取出，在室溫下冷卻，讓水蒸氣完全釋放。冷卻後，應盡快密封在乾燥的保鮮盒或容器中，以防止受潮變質。

(五)糖度計原理：

糖度計原理是利用**光線**穿過**不同濃度的糖液時**，折射角度會改變的特性來測量糖度，這稱為**折射原理**。糖濃度越高，液體折射率越大，光線折射角度越偏離，儀器將折射率轉換成可讀的 **Brix** (白利糖度) 數值，直接顯示含糖量。

(六)糖度計的**測量方式** (以手持式糖度計為例)：如下圖 1 所示。

- 1.**滴液**：將待測糖液滴在儀器上的稜鏡上，並關上蓋板。
- 2.**目視**：將糖度計對著光源，透過目鏡觀察，會看到一個明暗分界線。
- 3.**讀數**：讀取明暗分界線所對應的刻度，這個刻度就是該糖液的 Brix 值。



圖 1.為手持式糖度計的使用

(五)在張丞駒、洪稚翔、林竑鈞等，全國第 59 屆科展的研究中指出，不同水果在白天 6 至 11 小時的戶外曝曬下，水果**乾燥率均能達到 70%以上**，已達可食用保存和食用的乾燥效果。

果乾製作方式：水果屬於高含水量的農業產品，含水量高達 70~90%，由於不易保存，製成果乾便是最好 的保存法，**製成果乾有以下四種方法**：

- 1.**脫水**：水果表面水分蒸發，使中心水分不斷往表層滲透，在不斷循環下，達到乾燥的效果，通常是使用機器進行人工脫水，可以保留更多的營養和維生素。
- 2.**乾燥**：利用陽光或乾燥風進行水分去除的作業，成本較低，但是乾燥後剩下的營養和維生素較少，乾燥時間也比較長。
- 3.**抑制酵素作用**：以熱水、蒸氣、微波等方式抑制酵素活性，且同時具有去除蠟質、軟化組織、去除澀味等功用，防止果物在乾燥過程中變質。
- 4.**促進乾燥速率**：果皮組織較緻密者，可以在表面穿刺小孔，提升乾燥效率。

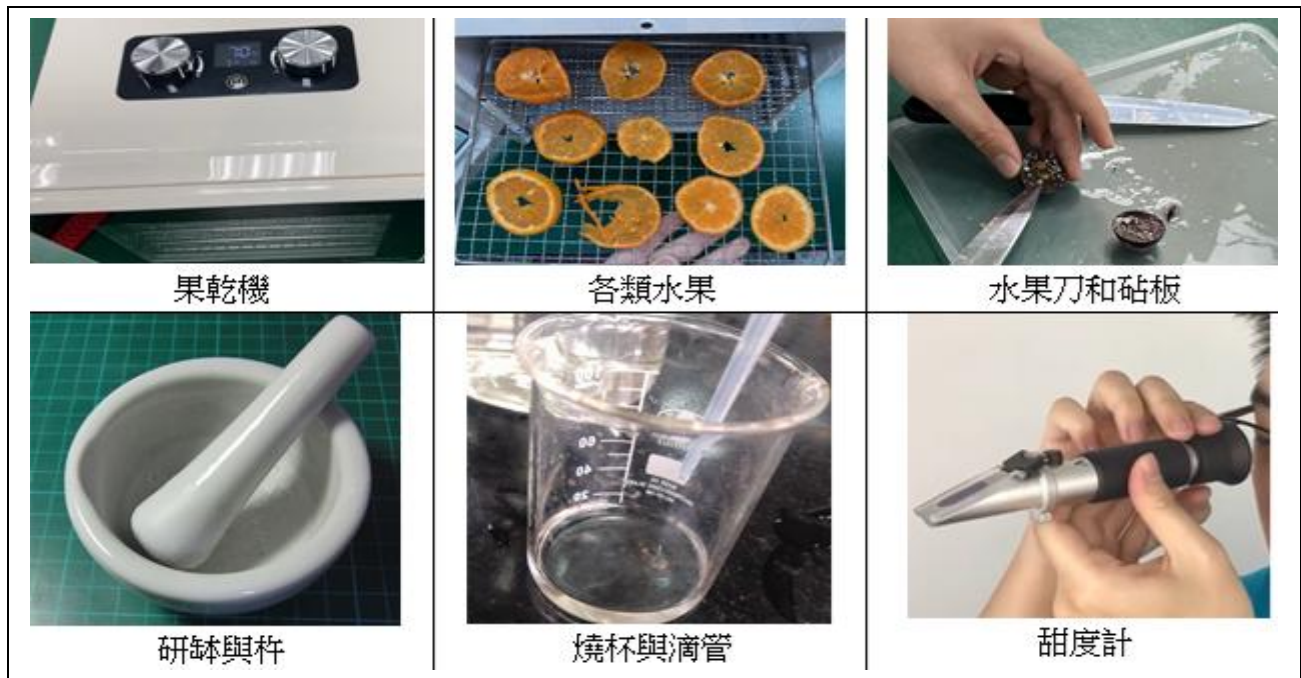
(六)在蘇文君 **以微波預熱增進蔬果滲透脫水乾燥效率之研究**之碩士論文中指出：以微波預熱後再進行滲透脫水乾燥，其效率可以增加 33%以上。滲透脫水乾燥程序結束後，經 6 小時 60℃ 之熱風乾燥得到最終產品。**微波預熱顯示之數據結果證實此一程序不僅可以大幅提高滲透脫水乾燥程序之效率，並且可以改良產品品質。**

(七)在林敬恩 **滲透預處理及熱風乾燥對鳳梨果乾品質的影響**之碩士論文結論指出：使用**熱風**、冷風、熱泵、微波及射頻乾燥等 5 種乾燥設備進行愛文芒果果乾的製程，就乾燥效率及品質上，以熱泵乾燥提供最適合的乾燥方法，可以減少製成芒果果乾的乾燥時間，提升乾燥效率和提高商品品質，同時達到**快速乾燥**又減少能源消耗，達到省時節能又保持食品品質的優點。

滲透預處理（如糖漬）能改善鳳梨果乾的顏色、質地和風味，並縮短熱風乾燥時間，減少褐變；而**熱風乾燥溫度（如 65℃）**則影響乾燥速率與品質，低溫可保留更多營養，高溫則可能加速褐變，適當溫度和時間（約 50-65℃）並定期翻面，能獲得色澤金黃、口感 Q 彈的鳳梨乾。

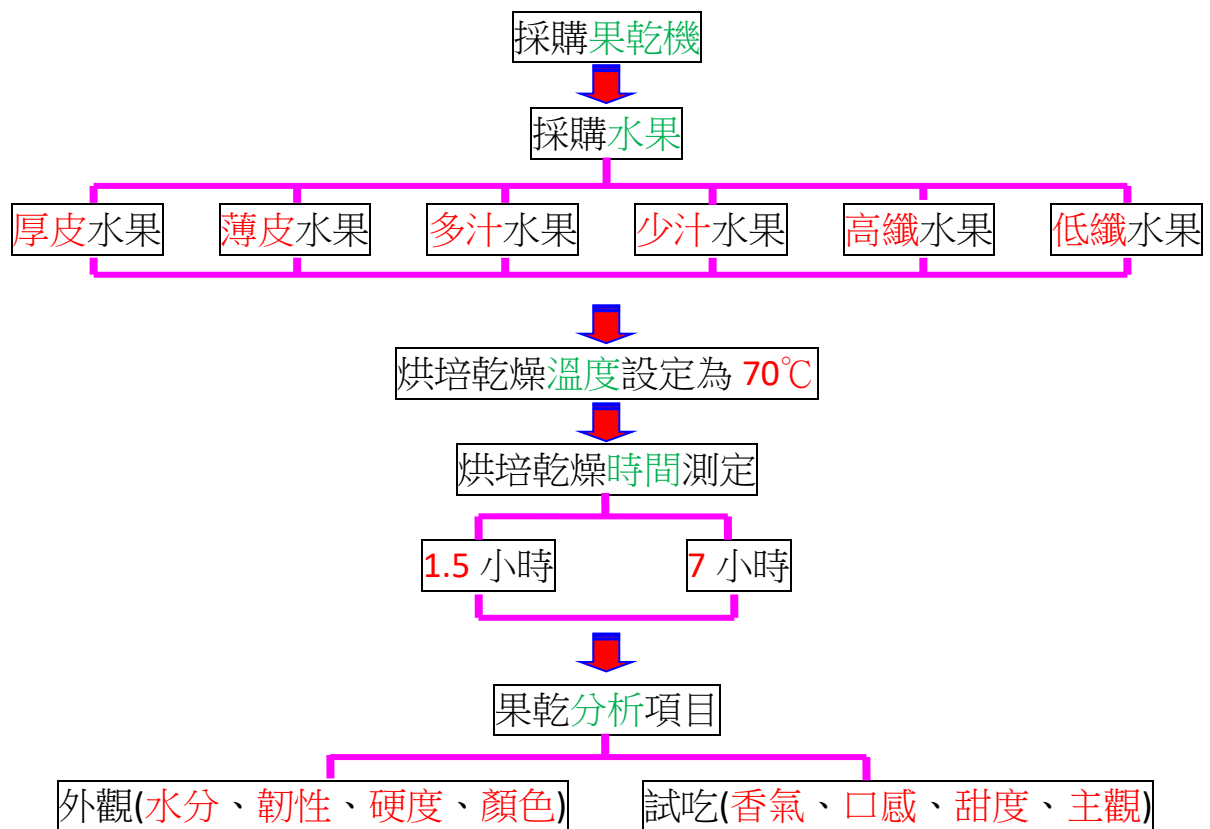
(八)陳子民..等(2024)，在**現代水果乾製製程技術研究進展**。期刊中指出：乾果營養豐富、色香味俱佳，深受大眾喜愛。隨著水果產量逐年增加，如何在保鮮期內對大量當季水果進行乾燥加工，並在保證乾果品質的前提下降低能耗、節約成本，是水果乾燥行業面臨的一大難題。本文從不同乾燥加工技術的角度，探討了傳統單一乾燥方法、組合乾燥方法及輔助乾燥技術的優缺點及其對乾果品質、營養成分和生物活性的影響，並對當前水果乾燥技術的研究進展進行了綜述，旨在為促進水果乾燥加工行業的發展提供參考。

貳、研究設備及器材



參、研究過程與方法

一、實驗架構圖：



二、實驗步驟：

(一)採購果乾機。

- 1.因為我們只是在實驗室做果乾實驗，所以只須採購**小型果乾機**即可。
- 2.果乾機的功能，必須可以控制**溫度**和**烘乾時間**設定。

(二)水果採購。

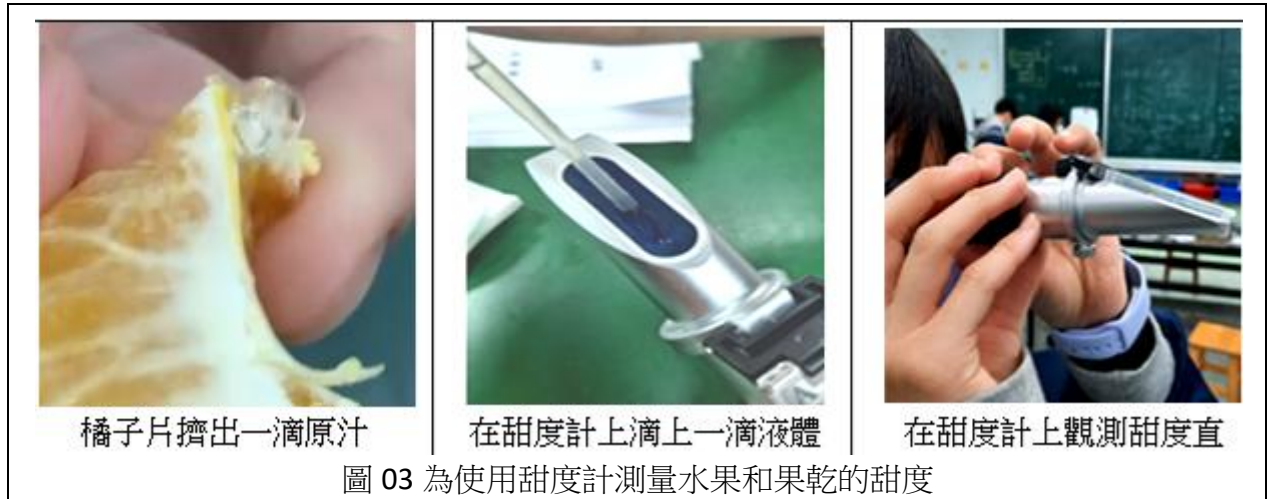
- 1.因為我們要採買的水果**預計**有十幾種，所以水果的採買方式，我們採用以下方式：
 - (1)採買期間為九月到隔年二月。我們所採購的水果如圖 2 所示。
 - (2)採買水果種類，以當季水果為主。
 - (3)若採買的水果，在實驗這段期間採購不到，或是價錢太貴，則再討論替代水果的種類。
- 2.等到水果實驗數據測量之後，再依照我們所分類的項目進行分析。故我們分析數據的項目並非依照採買的順序，而是將每項水果均進行獨立實驗，之後才依項目作數據分析。

圖 2.採購果品及日期

				
香蕉(10/15)	葡萄(10/22)	砂糖橘(10/29)	鳳梨(11/05)	柳丁(11/12)
				
蘋果(11/19)	哈密瓜(11/26)	小番茄(12/03)	櫻桃(12/10)	橘子(12/17)
				
奇異果(12/24)	藍莓(12/31)	火龍果(1/7)		

(三)水果和果乾甜度的紀錄，如圖 3 所示：

- 1.原水果之甜度測量，直接將原果汁滴一滴在甜度計上，然後紀錄甜度。
- 2.水果乾的甜度測量，我們用剪刀將最厚的果乾剪開成一個凹洞，如果水果乾還有濕熱的水分，則馬上用棉花棒沾取水果乾凹洞內部，再將棉花棒潮濕的部分，塗抹在甜度計上讀取數據。



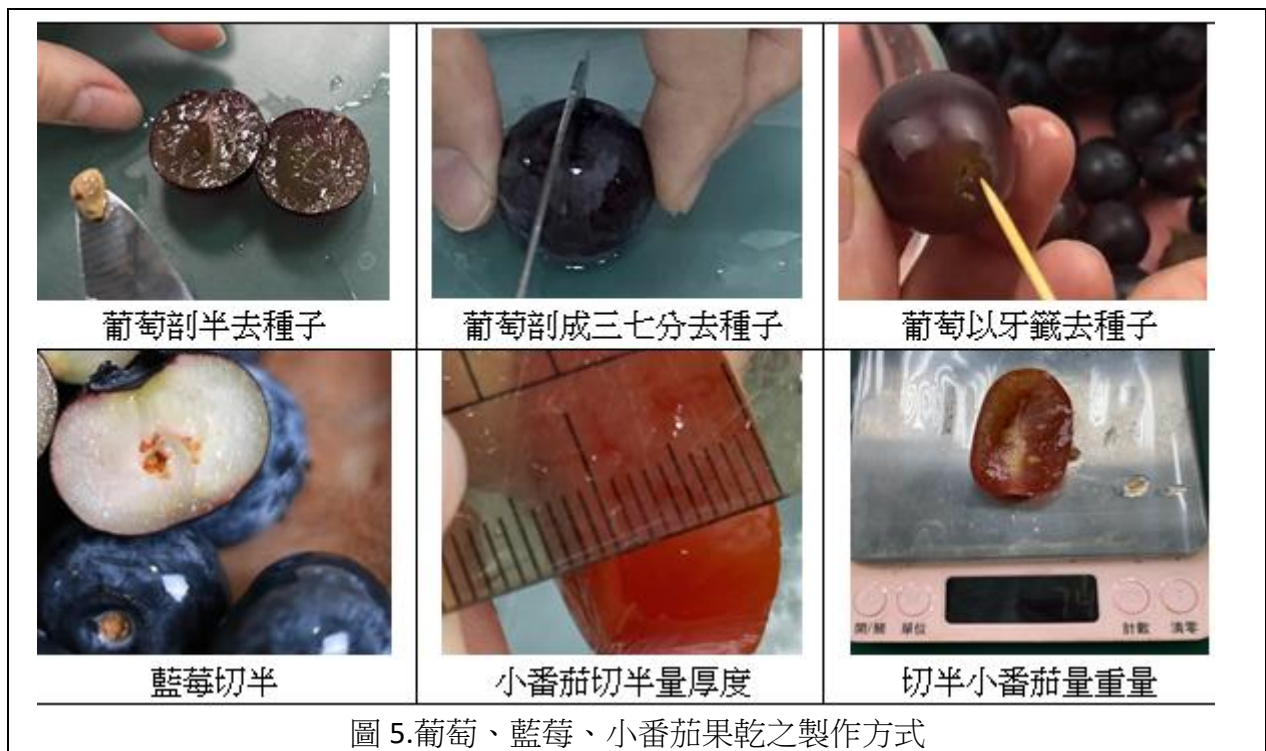
(四)香蕉果乾製作。如下圖 04 所示。

1. **社團時間**，果乾機的溫度設定為 70℃，時間設定為 1.5 小時。
2. **星期一早上**，果乾機的溫度設定為 70℃，時間設定為 7 小時。
3. 將香蕉切成不同的厚度，然後放入果乾機內烘烤。厚度大約分為厚、中、薄三種。厚的約 1 公分厚度、中的約 0.6 公分厚度、薄的約 0.4 公分厚度。
4. 因為香蕉的粗細不一定，所以在秤重量時，重量也有所差異。所以我們將香蕉切片的濕重和乾種分別記錄。最後紀錄在電腦內，方便後續的分析。
5. 紀錄的數據，分別有：厚度的變化、重量的變化、甜度的比較、釋出人員的評分。
6. 香蕉的糖度測定，因為香蕉比較沒有汁水，所以我們在測定甜度時，會先將香蕉挖一小凹洞，然後將棉花棒伸入果肉內攪拌，之後再將濕潤的棉花棒塗在**甜度計**上進行檢測。
7. 將 1 公分厚的香蕉果乾，用刀面剖開後，中央還是濕熱的，依樣可以用棉花棒來吸取香蕉汁的水分。



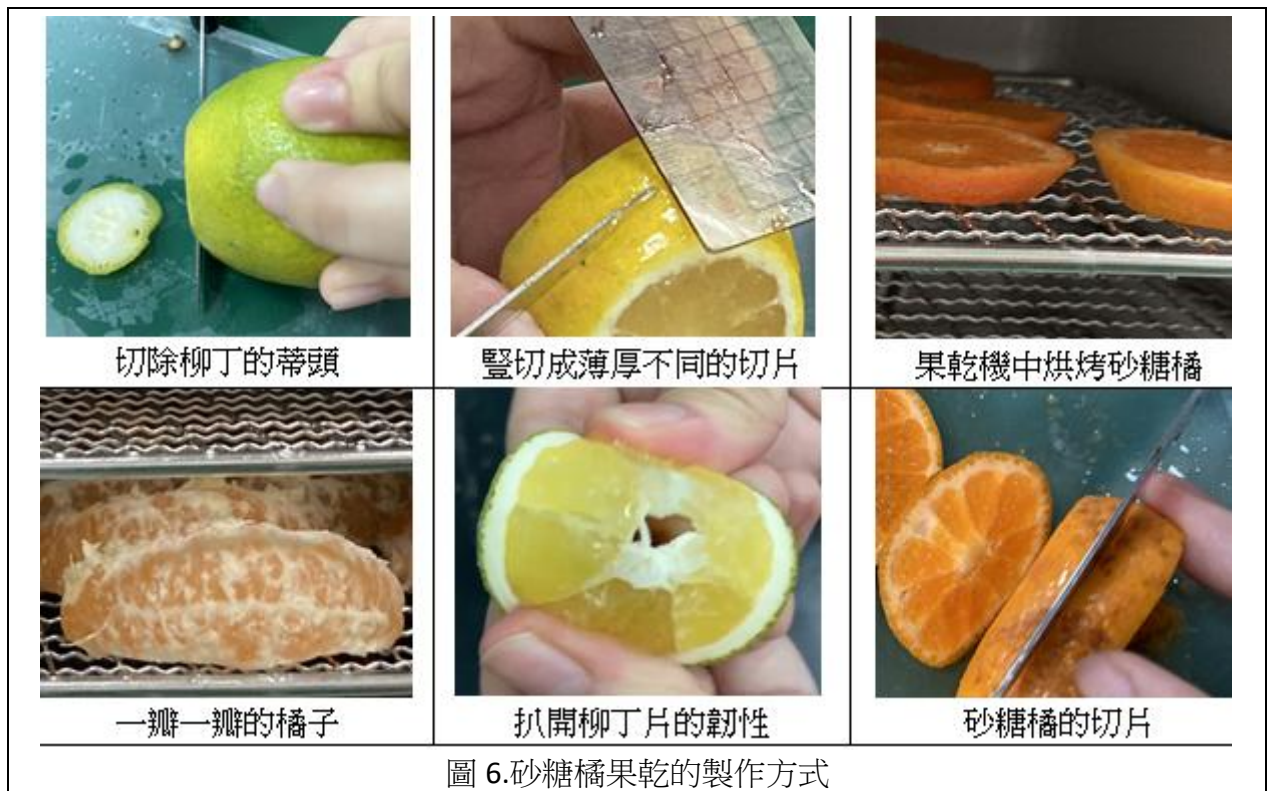
(五)葡萄、藍莓、小番茄果乾製作。如圖 5 所示。

- 1.將葡萄切成大小不等的二片，效果約 3：7，小片的厚度約 0.6 公、大片的厚度約 1.0 公分、整顆的直徑約為 1.6 公分。
- 2.藍莓直接對切，厚度約 0.5 公分，整顆的，在蒂的位置，使用刀子劃上一切口。
- 3.小番茄切片，切出中段厚度 0.5 公分的，對切厚度 1.5 公分，橫切厚度 2 公分的共三種。
- 4.將切好的水果片放入果乾機中，分別烘乾 1.5 小時和 7 小時，溫度設定為 70℃。烘烤時，水果片的開口向上放置。
- 5.雖然每一片水果片有略微差異，所以我們將水果片取平均的重量紀錄，分別記錄**濕重**和**乾重**，最後紀錄在電腦統計圖表中，方便後續的分析。
- 6.紀錄之數據包括：厚度的變化、重量的變化、甜度的比較、試吃人員的評分。
- 7.果汁的原甜度，在切開水果時，會有果汁流出，可以直接用滴管吸取，然後在甜度計上測量記錄甜度。
- 8.果乾的甜度，因為果乾幾乎已經完全乾燥，所以我們採用濕棉花棒在果肉上攪拌，然後塗抹在甜度計上面，之後觀察記錄數據。



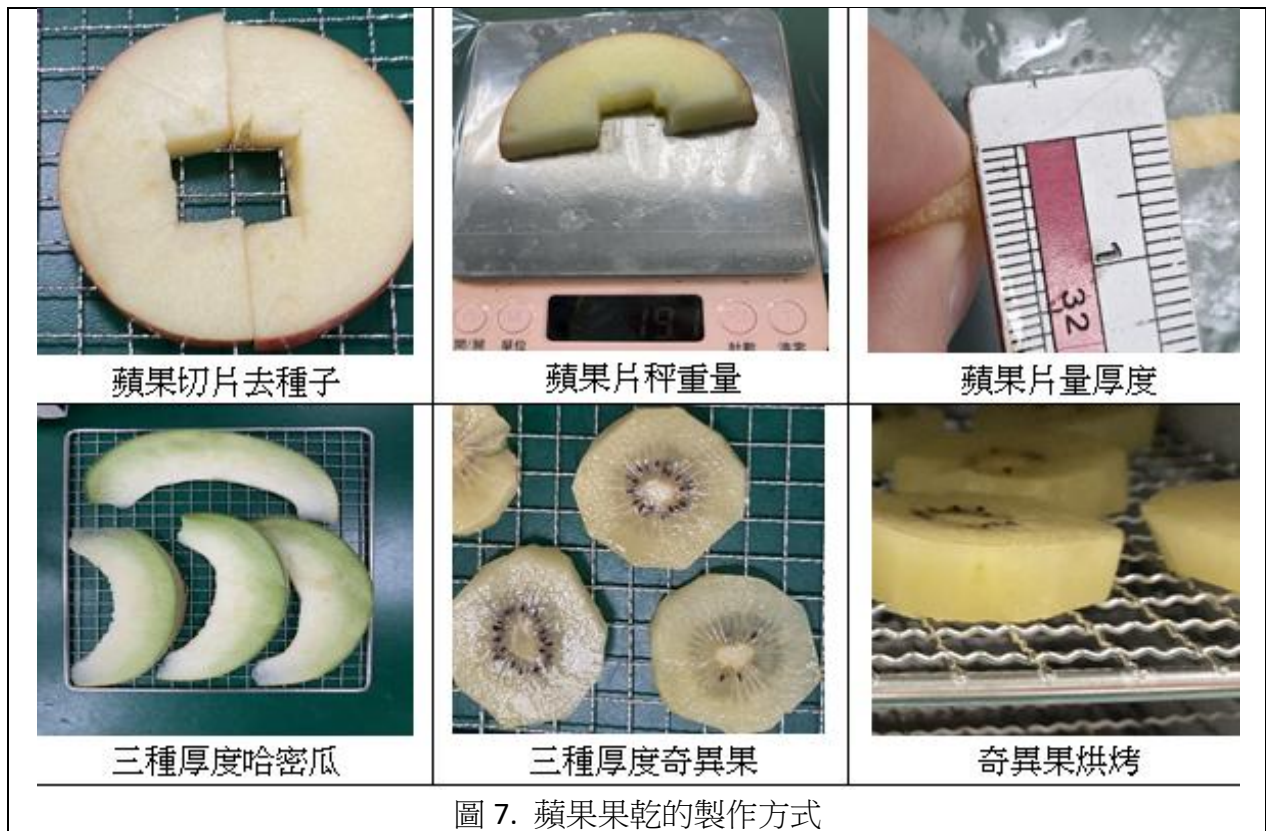
(六)砂糖橘、柳丁、橘子果乾製作。如圖 6 所示。

- 1.先用清水將水果的外皮清洗乾淨，因為需連外皮一起烘烤，再用刀子去掉水果的蒂頭，然後切片。
- 2.將水果豎切成不同的三種厚度。厚的約 1 公分、中的約 0.6 公分、薄的約 0.4 公分；另橘子因為可以直接分瓣，所以也一瓣一瓣進行烘烤。
- 3.將水果切成的果片，放入果乾機烘烤，時間分別有 1.5 小時和 7 小時，溫度設定為 70℃。
- 4.砂糖橘果汁的甜度測量，直接用吸管吸取，切水果時，留在砧板上面的果汁即可。
- 5.砂糖橘、柳丁、切片橘子果乾的甜度較難準確測定，因為即使掰開果乾，都沒有明顯的水分了。所以我們的做法是，剝開果乾，然後將沾濕的棉花棒在果肉的中間攪拌，最後再將濕熱的棉花棒塗抹在甜度計上面，觀測數據。
- 6.一瓣一瓣的橘子果乾，因為果肉外之薄膜的作用，所以還保留很多水分在果瓣內，所以可以直接用甜度計測量。



(七)蘋果、哈密瓜、奇異果果乾製作。如圖 7 所示。

- 1.我們製作這組果乾時，奇異果需削皮，蘋果和哈密瓜則不削皮，但是外皮要洗乾淨。
- 2.蘋果和哈密瓜要去種子，奇異果不須挖去種子。
- 3.切片時，先將水果橫切出所需的厚度，然後在將水果切片對切平分，之後再將中間的水果種子去除，奇異果不去種子。水果片有三種不同的厚度。厚的約 1 公分、中的約 0.6 公分、薄的約 0.4 公分。
- 4.使用滴管吸取一些砧板上面的果汁，在甜度計上測量原果汁甜度。然後將水果片放入果乾機內烘烤。時間分別有 1.5 小時和 7 小時兩種，溫度都是 70℃。
- 5.水果果乾的甜度不容易測定，因為厚度 1 公分的果乾，內部還是有點濕熱，但水分很少。所以我們的做法是，剝開厚度最厚的果乾，然後將棉花棒在果肉的中間攪拌，最後再將濕熱的棉花棒塗抹在甜度計上面，觀測數據。
- 6.剛烘烤完的溫熱蘋果片、哈密瓜片，用手彎曲時，還是有彈性、韌性的。但是冷卻後的蘋果果乾，會稍微變硬脆一些。奇異果果乾的韌性較差。



(八)鳳梨、櫻桃、火龍果果乾製作。如圖 08 所示。

- 1.購買鳳梨時，請商家先將鳳梨削皮。拿到實驗室的削皮鳳梨，依照我們的實驗需求，開始切片。厚度分別為 1 公分、0.6 公分、0.4 公分，火龍果也是依照這個厚度切片。
- 2.櫻桃買來後洗淨，然後對半切開，除去種子，測量半邊的櫻桃厚度和重量。
- 3.將所切成的鳳梨果片，放入果乾機烘烤，時間分別有 1.5 小時和 7 小時，溫度設定為 70℃。
- 4.鳳梨果汁的甜度測量，直接用吸管吸取，切鳳梨切片時，留在砧板上面的果汁即可。
- 5.鳳梨果乾的甜度較難準確測定，因為即使厚度 1 公分的果乾，也都乾到沒有明顯的水分了，所以我們的做法是，剝開厚度最厚的果乾，然後將沾濕的棉花棒在果肉的中間攪拌。最後再將濕熱的棉花棒塗抹在甜度計上面，觀測數據。



圖 8. 鳳梨、櫻桃、火龍果果乾的製作方式

肆、研究結果

一、製作香蕉果乾，成品如圖 9 所示。

(一)利用社團時間，果乾機的溫度設定為 70℃，時間設定為 1.5 小時。薄的香蕉果乾效果還不錯，其他更厚的香蕉果乾的內部都是水果的原狀，只是表面烘熟、烘乾。

(二)最薄的香蕉果乾，有點太乾，像是脆片了。

(三)厚度 0.6 公分的香蕉果乾，外脆內嫩。效果最好，但是內部的水分殘留還是有些偏多。

(四)厚度 1 公分的香蕉果乾，內部幾乎還是濕的，雖現場吃起來口感最好，但卻是**最失敗**的果乾。



5.香蕉和香蕉果乾之實驗數據紀錄，如表 1 及圖 10。

表 1 香蕉和香蕉果乾之各項實驗數據

香蕉	厚	中	薄
原厚度(cm)	1	0.6	0.4
果乾厚度(cm)	0.9	0.4	0.1
原濕重(g)	2.4	1.6	1
果乾重(g)	1.8	0.9	0.2
原甜度×0.1	3	3	3
果乾甜度×0.1	4	4	5
厚度差	0.1	0.2	0.3
重量差(g)	0.6	0.7	0.8
甜度差	1	1	2

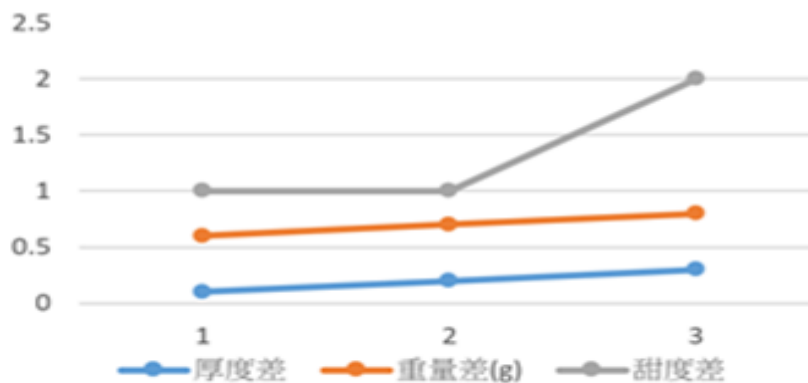


圖10. 香蕉果乾前後之各項實驗數據變化

二、製作葡萄、藍莓、小番茄果乾，成品如圖 11 所示。

(一)葡萄在製作成葡萄果乾之後，無論是剖半，還是三七切半，都大部分只留下一層皮。

而所觀察到的果肉，萎縮的很多，小番茄也是如此，藍莓則沒有那麼明顯。

(二)整顆葡萄但去種子的果乾，看起來較完整，只是坍縮，整顆的小番茄和藍莓果乾，也是如此。

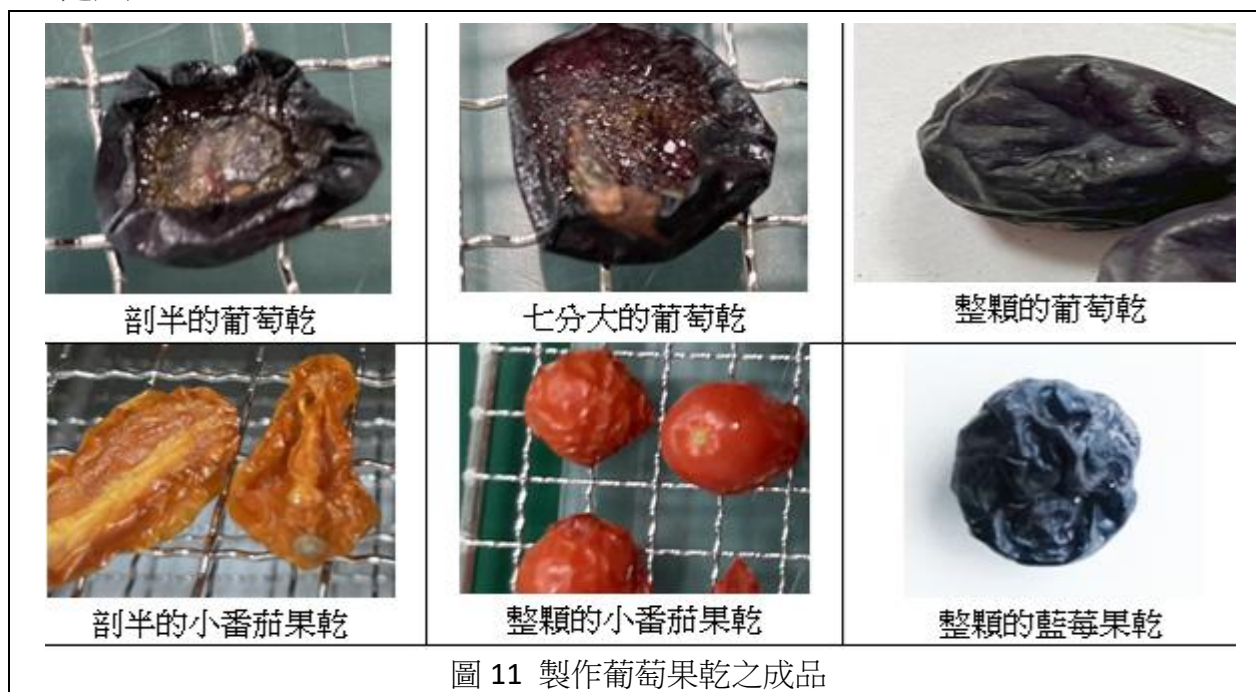


圖 11 製作葡萄果乾之成品

(三)葡萄、藍莓和小番茄製作果乾的數據紀錄，如表 2。

表 2. 葡萄、藍莓及小番茄製作果乾之各項實驗數據紀錄比較

葡萄	整顆	0.5顆	0.3顆
葡萄原厚度(cm)	1.6	1	0.6
葡萄果乾厚度(cm)	1.2	0.6	0.2
葡萄原濕重(g)	3.4	2.2	1.2
葡萄果乾重(g)	2.8	0.9	0.3
葡萄原甜度×0.1	5	5	5
葡萄果乾甜度×0.1	6	7	7
藍莓			
藍莓原厚度(cm)	1.2	0.6	
藍莓果乾厚度(cm)	0.9	0.2	
藍莓原濕重(g)	4.5	2.3	
藍莓果乾重(g)	3.2	0.7	
藍莓原甜度×0.1	4	4	
藍莓果乾甜度×0.1	4	4	
小番茄			
小番茄原厚度(cm)	2.8	1.5	1
小番茄果乾厚度(cm)	2.2	0.5	0.3
小番茄原濕重(g)	14.5	7.4	4.6
小番茄果乾重(g)	9.6	2.1	1.3
小番茄原甜度×0.1	3	3	3
小番茄果乾甜度×0.1	4	4	4

三、製作砂糖橘、柳丁、橘子果乾，成品如圖 12 所示。

- (一)砂糖橘的果乾，無論厚度，都容易沿著紋路撥開。橘子和柳丁也是如此，只是一瓣一瓣成型的橘子，不易撕裂。
- (二)烘烤後的砂糖橘、柳丁和橘子的果乾，無論厚度，外皮都會變得酥脆。
- (三)從外觀來看，整個砂糖橘、柳丁和橘子的果乾，果肉的部分都凹陷下去。一瓣一瓣成型的橘子，縮小的不是很明顯。
- (四)剛出爐時，砂糖橘、柳丁和橘子的香氣非常濃郁，即使將果乾放涼了之後，香氣依然還是很濃郁。
- (五)最厚的水果乾，在剛出爐時，還沒有 100% 乾燥。此時我們用濕棉花，插到凹陷的果肉內部，攪拌之後，再將濕熱的棉花棒塗抹在甜度計上面檢測數據。

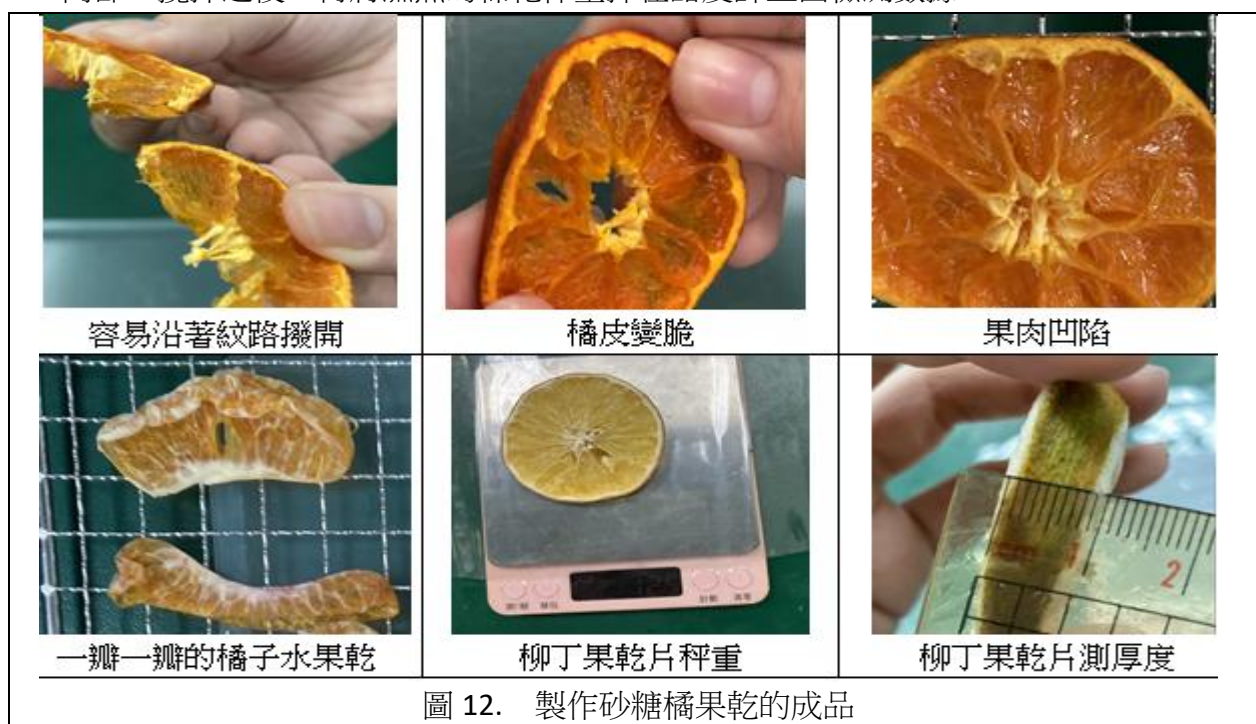


圖 12. 製作砂糖橘果乾的成品

6. 砂糖橘和砂糖橘果乾的數據紀錄，如表 3。。

表 3 製作砂糖橘和砂糖橘果乾前後之各項實驗數據紀錄比較				
砂糖橘	厚	中	薄	
砂糖橘原厚度(cm)	1	0.6	0.4	
砂糖橘果乾厚度(cm)	0.3	0.2	0.1	
砂糖橘原濕重(g)	23.1	14.5	7.8	
砂糖橘果乾重(g)	15.4	9.8	4.3	
砂糖橘原甜度×0.1	5	5	5	
砂糖橘果乾甜度×0.1	6	7	7	
柳丁				
柳丁原厚度(cm)	1	0.6	0.4	
柳丁果乾厚度(cm)	0.4	0.3	0.2	
柳丁原濕重(g)	35.2	22.1	10.9	
柳丁果乾重(g)	29.4	17.5	6.5	
柳丁原甜度×0.1	4	4	4	
柳丁果乾甜度×0.1	5	5	5	
橘子				
橘子原厚度(cm)	1	0.6	0.4	
橘子果乾厚度(cm)	0.4	0.3	0.2	
橘子原濕重(g)	33.5	20.5	9.4	
橘子果乾重(g)	23.3	15.2	5.4	
橘子原甜度×0.1	4	4	4	
橘子果乾甜度×0.1	5	5	5	

四、製作蘋果、哈密瓜、奇異果果乾，成品如圖 13 所示。

1. 烘烤 1.5 小時後的水果乾，果皮和果肉的韌性還在。即使將果乾片對折，也不會使果乾片折斷。果肉表面有些乾，但內果肉還是溫熱多汁的。
2. 水果切片後，在電子秤上面墊上一層塑膠袋，然後秤量水果片的重量。在水果片烘培成果乾片時，再次秤量其重量，然後紀錄。
3. 後的蘋果、哈密瓜果乾片的果肉明顯凹陷，但是外皮的厚度變化卻不大，幾乎只減少 1mm 左右。
4. 用手掰折蘋果果乾片，因為果皮較為酥脆，所以容易折斷。但果肉的纖維還在，所以果肉還是有韌性的。



5. 製作柳丁和柳丁果乾的數據紀錄，如表 4。

表 4.製作蘋果、哈密瓜、奇異果果乾前後之各項實驗數據紀錄比較

A	B	C	D
蘋果	厚	中	薄
蘋果原厚度(cm)	1	0.6	0.4
蘋果果乾厚度(cm)	0.6	0.4	0.2
蘋果原濕重(g)	24.2	18.4	12.4
蘋果果乾重(g)	20.1	14	6.5
蘋果原甜度×0.1	2	2	2
蘋果果乾甜度×0.1	3	3	2
哈密瓜			
哈密瓜原厚度(cm)	1	0.6	0.4
哈密瓜果乾厚度(cm)	0.5	0.3	0.2
哈密瓜原濕重(g)	35.6	24.6	12.4
哈密瓜果乾重(g)	29.4	17.5	6.5
哈密瓜原甜度×0.1	4	4	4
哈密瓜果乾甜度×0.1	6	5	5
奇異果			
奇異果原厚度(cm)	1	0.6	0.4
奇異果果乾厚度(cm)	0.4	0.3	0.2
奇異果原濕重(g)	32.1	22.5	11.5
奇異果果乾重(g)	24.5	14.2	6.7
奇異果原甜度×0.1	4	4	4
奇異果果乾甜度×0.1	6	6	5

五、製作鳳梨、櫻桃、火龍果果乾，成品如圖 14 所示。

- (一)鳳梨的果乾，無論厚度，擠壓扭動時，韌性都很強。若順著果乾紋路，則容易沿著紋路將果乾撕開。
- (二)烘烤後的鳳梨果乾，無論厚度，外皮都會變得有彈性，柔軟度極佳。火龍果中間果肉變得很薄，櫻桃厚度變化較小。
- (三)從外觀來看，整個鳳梨果乾，除了變薄之外，果肉外觀變化不大，果肉稍微凹陷一些。
0.4 公分的火龍果，變得像一張紙一樣。櫻桃則變的暗紅，不像火龍果的紅還是鮮豔著。
- (四)剛出爐時，鳳梨香味非常濃郁。熱熱吃，香氣濃郁；涼了之後吃，香氣淡蠻多的。
- (五)鳳梨的水果乾，在剛出爐時，幾乎完全乾燥，採取不到水分。此時我們用濕棉花，插到果肉的內部，攪拌之後，再將濕熱的棉花棒塗抹在甜度計上面檢測數據。火龍果須用棉花棒插在邊緣之處比較有水分；櫻桃則還是有些許水分，但還是要用濕的棉花棒。

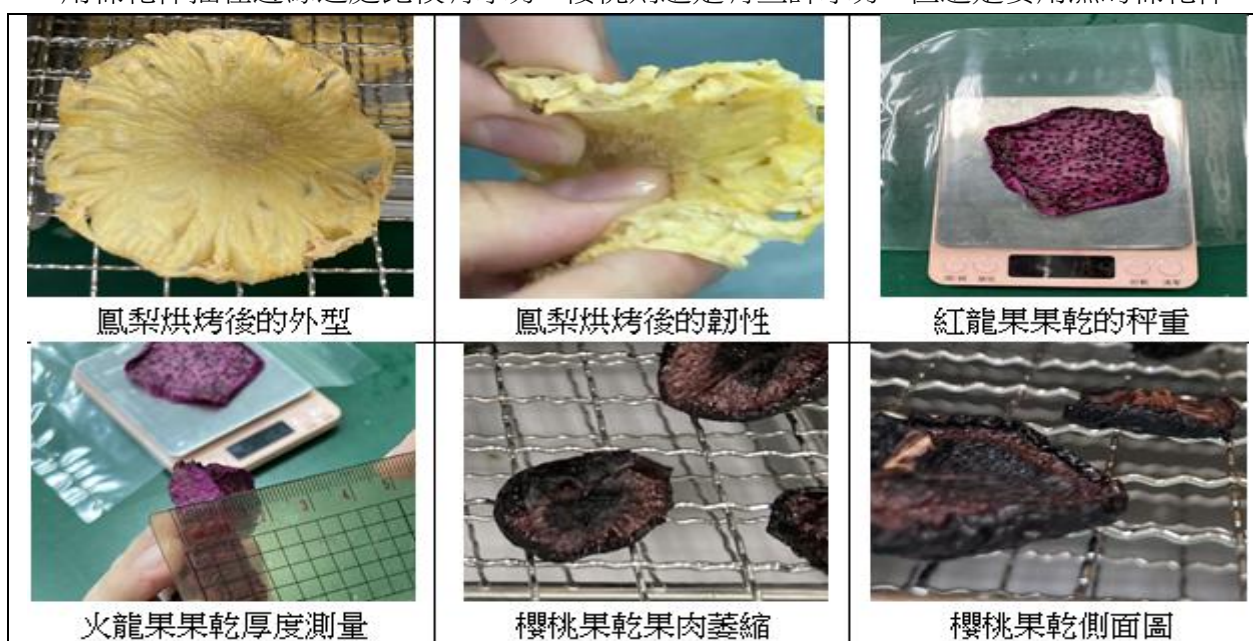


圖 14. 製作鳳梨、櫻桃、火龍果果乾的成品

(六)製作鳳梨、櫻桃、火龍果果乾的數據紀錄，如表 5 所示。

表 5.製作鳳梨、櫻桃、火龍果果乾前後之各項實驗數據紀錄比較

A	B	C	D
鳳梨	厚	中	薄
鳳梨原厚度(cm)	1	0.6	0.4
鳳梨果乾厚度(cm)	0.5	0.3	0.2
鳳梨原濕重(g)	46.2	31.2	15.6
鳳梨果乾重(g)	32.4	21.3	6.5
鳳梨原甜度×0.1	3	3	3
鳳梨果乾甜度×0.1	5	4	3
櫻桃			
櫻桃原厚度(cm)	1.6	0.8	
櫻桃果乾厚度(cm)	0.9	0.4	
櫻桃原濕重(g)	16.8	9.6	
櫻桃果乾重(g)	11.2	6.4	
櫻桃原甜度×0.1	4	4	
櫻桃果乾甜度×0.1	4	4	
火龍果			
火龍果原厚度(cm)	1	0.6	0.4
火龍果果乾厚度(cm)	0.3	0.2	0.1
火龍果原濕重(g)	46.5	30.2	16.4
火龍果果乾重(g)	26.5	15.4	4.5
火龍果原甜度×0.1	4	4	4
火龍果果乾甜度×0.1	5	5	5

六、品嘗人員勾選表，如表 6 及圖 15 所示，1~5 分(1 分評價最低、5 分評價最高)：

表 6. 13 種水果乾的品嘗項目各項分數總平均分數比較表

	香蕉	葡萄	砂糖橘	鳳梨	柳丁	蘋果	哈密瓜	小番茄	櫻桃	橘子	奇異果	藍莓
氣味	3	4	5	5	5	2	4	4	2	5	1	4
口感	4	3	4	5	3	4	3	4	5	3	4	4
咬勁	4	5	5	5	5	4	4	5	3	5	3	4
質地	2	3	3	3	3	5	5	3	5	3	5	3
外表	3	2	3	5	4	4	3	3	3	3	4	4
色澤	3	2	3	5	3	4	3	3	2	3	4	3
平均	3.167	3.167	3.833	4.667	3.833	3.833	3.667	3.667	3.333	3.667	3.5	3.667



圖 15 13 種水果乾的品嘗項目各項分數總平均分數及折線圖

伍、討論

一、研究限制：

- (一)有些水果非常適合拿來做果乾，我們在討論時有列舉出來。但是在這個季節買不到，所以我們也只能放棄一些實驗選項。也有一些水果因為太貴，因經費不足的關係，我們也只能放棄購買。
- (二)我們社團科展的上課討論時間，只有兩節課。但是果乾的烘培製作，一般要 7 小時左右。因此必須把握並分秒必爭地善用這兩節課時間，實驗初期，我們試做多次，並立即和老師討論一些需要克服相關問題和如何優化此項果乾製作的探究實驗。
- (三)在不同的水果，不同的厚度，烘烤必須有不同的時間。如果可以，我們下次應該針對一種或二種水果做更深入的厚度與時間的研究。因為我們這次的研究，時間只有 2 種，分別是烘烤 1.5 小時和 7 小時，所以只能就這兩種時間進行水果乾的製作分析。
- (四)因為實驗時間和經費的關係，我們最後只做了 12 種水果來做數據的分析比較。

二、實驗分析與討論：

- (一)水果為了長時間（7 小時）烘培製作果乾，經過討論之後，我們設計了 7 小時長時間烘培實驗方式。因此必須縝密規畫安排，首先我們在早自修時，到實驗室洗切水果，然後將樣品放入果乾機內；之後在中午時，我們再到實驗室觀察烘培狀況，然後一直到放學前，我們再到實驗室驗收烘培成果，為了此次實驗，我們必須借用實驗室一整天，因此整個實驗室充滿水果的芳香氣味。
- (二)因為水果乾可以討論的項目非常的多，經過討論之後，我們決定本研究各種變因：
 - 1.控制變因：
 - (1)固定同一台熱風果乾機。
 - (2) 1.5 小時的水果乾烘培，為社團實驗時間的練習試做。固定每星期一早上開始，7 小時的水果乾製作，才是真正水果乾。
 - (3)固定星期一早上八點半開始，直到下午三點半結束。
 - 2.操作變因：
 - (1)各種不同種類的水果。
 - (2)水果乾的厚度。
 - 3.應變變因：
 - (1)水果乾的重量變化。
 - (2)水果乾的厚度變化。
 - (3)水果乾的甜度變化。
 - (4)水果乾的韌性強弱、品嚐的主觀口感。

陸、結論

一、有關香蕉果乾製作的結論有以下：

- (一)厚度 1 公分的香蕉切片，在 7 小時烘烤之後，中央依然是水分很多。而且表皮有些變脆，所以吃起來有點外脆內嫩，口感很好。但是我們的結論是這個效果不好，因為沒有達到果乾適合長時間保存之重要效果。有相同狀況的，也就是厚度太厚，導致中間還保有部分水分的有：一瓣一瓣的橘子果乾、整顆的葡萄、整顆的藍莓。原因都是水分被封閉在水果內部，不易散失。
- (二)厚度 0.4 公分的香蕉切片，在 7 小時烘烤之後，已經變脆了。效果有點像是水果餅乾，有些同學喜歡，有些同學覺得太硬，所以結果不是很完美。有相同狀況的，因為 0.4 公分的原水果片太薄，導致 7 小時的烘培而變太脆的還有：蘋果、柳丁、砂糖橘、橘子。
- (三)厚度 0.6 公分的香蕉切片，在 7 小時烘烤之後，效果最好。中央是嫩的，外皮是脆的。有相同狀況的，在試吃口感中，一直讓大家稱讚還有：鳳梨、蘋果、奇異果。
- (四)因為香蕉的果肉較為緻密，無論厚度為何，外皮都是脆的。也依此導致水分較為不易烘乾，所以香蕉果乾在韌性上較差。有相同狀況的，讓水果乾韌性較差的有：蘋果、哈密瓜、櫻桃。

二、有關葡萄果乾製作的結論有以下：

- (一)葡萄在做成葡萄果乾之後，無論是剖半，還是整顆只在蒂處劃開一切口，都大部分只留下一層皮。而所觀察到的果肉，萎縮的很多。主要是因為葡萄果肉的纖維較少，而且切開的果肉面積較大，所以在烘烤時，水分蒸發很快。有相同狀況的，讓皮很明顯地顯現在水果乾中的還有：藍莓、櫻桃、小番茄。
- (二)整顆葡萄但去種子的果乾，看起來較為完整。造成的原因，我們的結論有以下幾點：
 - 1.因為只用牙籤挖去種子，外皮只留下一個小洞，水分較為不易蒸發。
 - 2.果皮有隨著果肉萎縮，所以是整體縮小。導致視覺上，不像剖半的葡萄果乾那樣坍塌。
 - 3.有相同狀況的，我們有實驗到的還有：整顆櫻桃、整顆藍莓，整顆小番茄。
- (三)吃起來的口感很棒，很有嚼勁，像是一層膠皮包裹住一片軟糖，但是甜度有些偏高。整體感覺，如果烘烤的時間約 4~5 個小時，葡萄果乾的效果應該會更好。

三、砂糖橘果乾製作的結論有以下：

- (一)明顯的，烘烤 7 小時的時間是非常恰當的。橘子皮有些酥脆，涼了之後有有些韌性。在試吃人員的回饋中，有相同狀況的，還有柳丁、橘子，帶皮的哈密瓜、帶皮的蘋果。
- (二)果乾整體香味非常濃郁，涼了之後，香味依然很濃郁。香氣最濃郁除了柑橘類之外，有相同狀況的，還有鳳梨。
- (三)色澤很鮮豔，非常容易引起食慾。在烘烤之後，色澤依然鮮豔，有相同狀況的，還有：鳳梨、哈密瓜、小番茄，橘子，奇異果。
- (四)吃起來的口感很好，纖維的飽和度很高，甜度也高。除了柑橘類之外，有相同狀況的，還有鳳梨。

四、所有水果的厚度變化、重量變化、甜度變化的相關數據及折線圖比較，如圖 16-1~16-4：

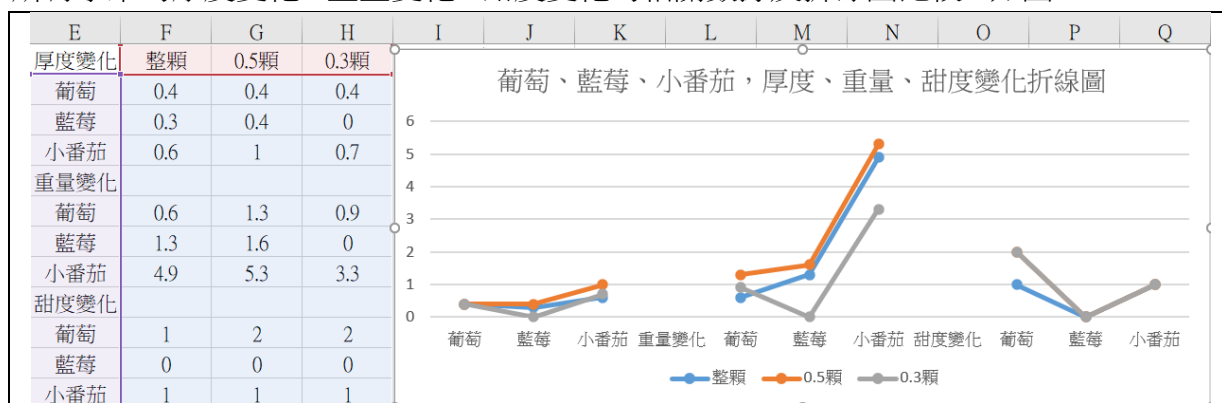


圖 16-1 葡萄、小番茄、藍莓

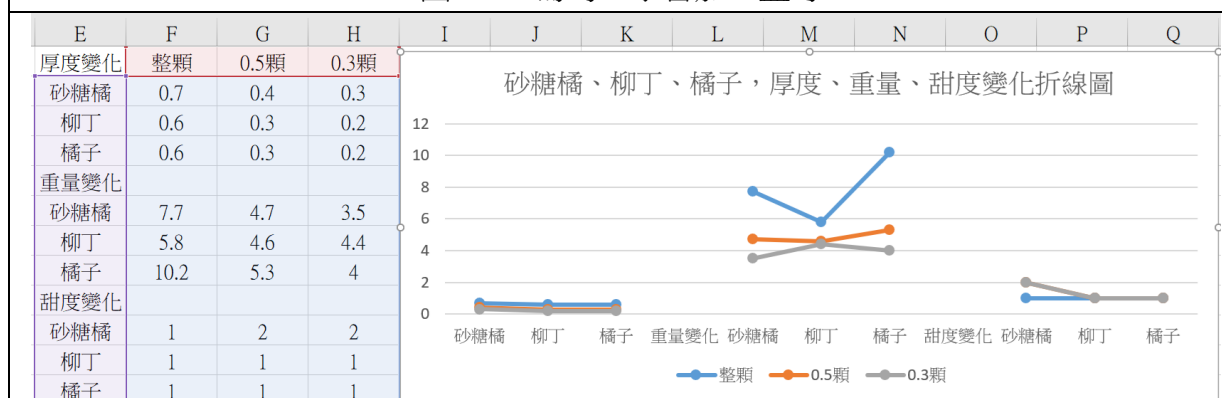


圖 16-2 砂糖橘、柳丁、橘子



圖 16-3 蘋果、哈密瓜、奇異果

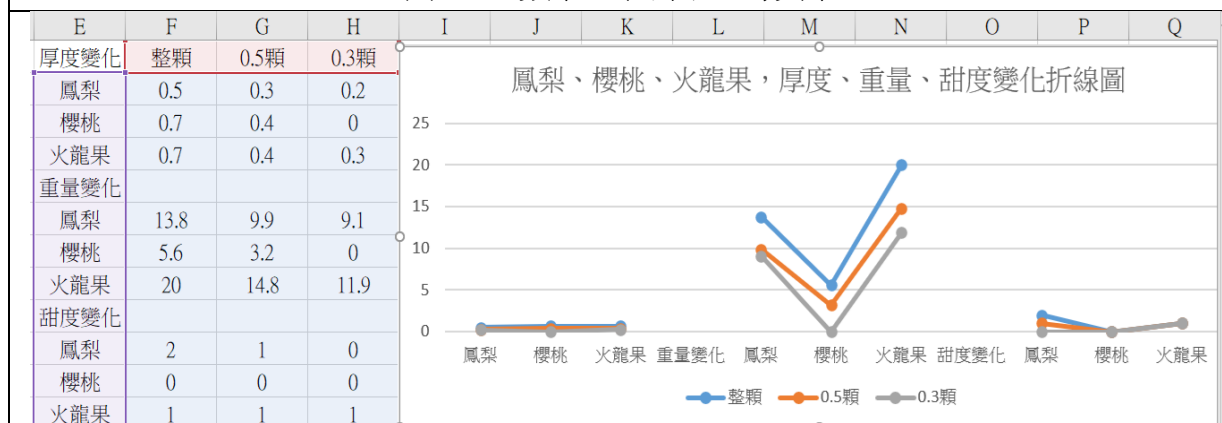


圖 16-4 鳳梨、櫻桃、火龍果

(一)在圖 16-1 中，我們發現：

- 1.這三種水果都是含有一層薄的果皮，水果皮膜本身非常不易透水，水果本身的含水量也非常多。所以水果本身重量變化的百分比最大。
- 2.這三類的水果，做成果乾前後的厚度變化很大。尤其是 0.5 顆和 0.3 顆的，在實驗成品中，我們幾乎都看到，幾乎只剩一層皮和些微的果肉乾。
- 3.用手彎曲水果乾，幾乎無法將其掰斷。因為果皮的韌性很強。改用撕拉的，但還是很難將水果乾撕開。

(二)在圖 16-2 中，我們發現：

- 1.這三種水果都是屬於柑橘類的水果，果肉中各自還是含有小果肉，而小果肉都還含有一層一層薄的果膜。因為這是果肉中的小薄膜，所以防水性並不好。導致 7 小時的烘烤中，果肉幾乎都是乾扁的。
- 2.柑橘類的果肉幾乎都會坍塌凹陷，然後果皮幾乎不變，外形像是一個雙凹型的飛盤。
- 3.用手一掰，很快果皮就斷了，雖然果肉還有一些韌性，但是一拉，還是撕開了。

(三)在圖 16-3 中，我們發現：

- 1.這三類水果幾乎都是高膳食纖維的水果，所以在烘烤之後，果肉都會均勻地變薄。而且水果乾的韌性也普遍偏高。
- 2.這三種水果外型除了變薄之外，幾乎沒有太大的變化。果皮的縮小比例，不會太大。
- 3.薄的水果乾會變脆，一掰就斷。果肉越厚的水果乾，韌性就越強。果皮還是有相當的韌性的，但是一撕，還是容易被撕開。

(四)在圖 16-4 中，我們發現：

- 1.鳳梨的粗纖維最多，所以外形改變最小。
- 2.火龍果中間均勻塌陷之後，厚度是所有水果中，最薄的。
- 3.櫻桃果乾會塌陷，很接近小番茄，但又留有相當的果肉。而厚度比例不如蘋果、哈密瓜。所以算是介於葡萄這類帶皮的和哈密瓜這類的高膳食纖維之間的水果乾。
- 4.外型比較中，鳳梨除了縮小一些，幾乎不變。火龍果會像柳丁一樣，變成雙凹飛盤狀，但是又比柳丁更薄。櫻桃的外型變黑又變薄，根據品嘗人員的回饋，變得更酸。

(五)整體而言、甜度都略為增加。尤其厚度越厚者，增加的比例略高一些。

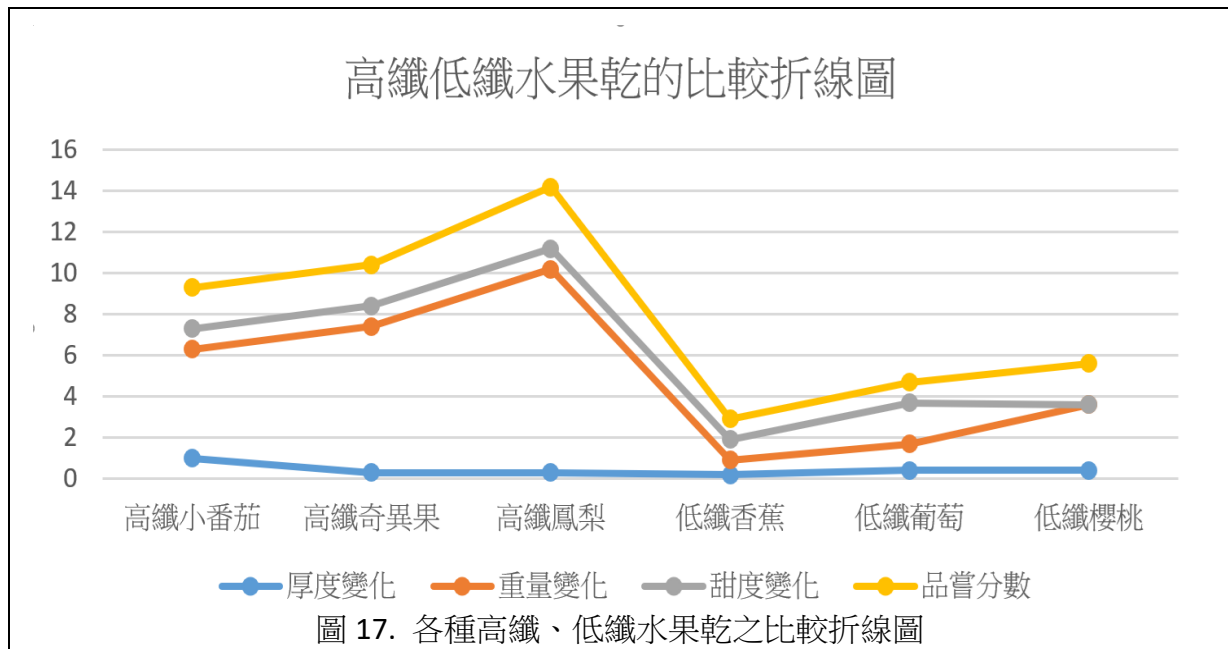
(六)由品嘗人員的評分可以發現：

- 1.整體而言，鳳梨的表現最高，而且遠遠超越第二名很多。很明顯的表現出，鳳梨最適合做成水果乾。
- 2.最不適合做成果乾的是香蕉和葡萄，整體評分最低。當然，這可能也是因人而異。不過經由品嘗人員的數據分析，水果乾大致可以分為三大類：
 - (1)最好：鳳梨
 - (2)普通：砂糖橘、柳丁、蘋果、哈密瓜、小番茄、橘子、奇異果、藍莓。
 - (3)較差：香蕉、葡萄、櫻桃。

(七)依**果肉纖維**的差異來做研究分析比較，如圖 17 所示。

1.高纖水果：**小番茄、奇異果、鳳梨**。

2.低纖水果：**香蕉、葡萄、櫻桃**。



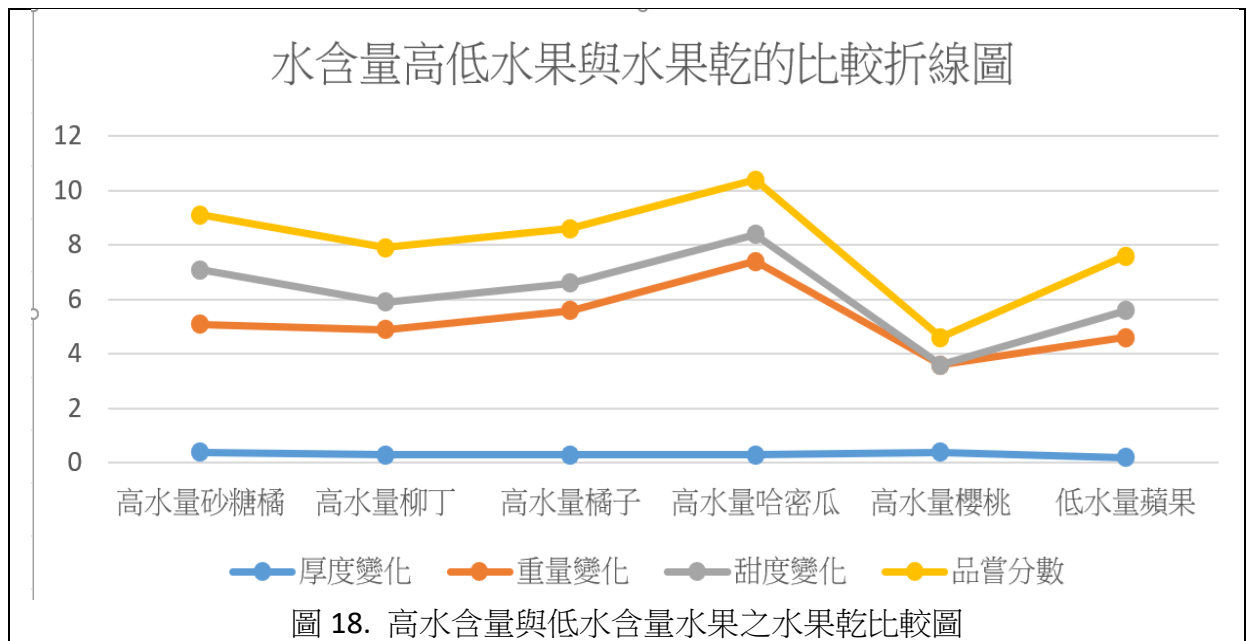
3.由圖 17 可以明顯的看出，低纖水果在厚度、重量、甜度的變化，都低於高纖水果。

4.由圖 17 可知，鳳梨的數值變化最大最明顯，香蕉則變化最小。

(二)依**果肉含水量**的差異來做研究分析，如圖 18 所示。

1.高含水量水果：**柑橘、哈密瓜、櫻桃**。

2.低含水量水果：**蘋果**。

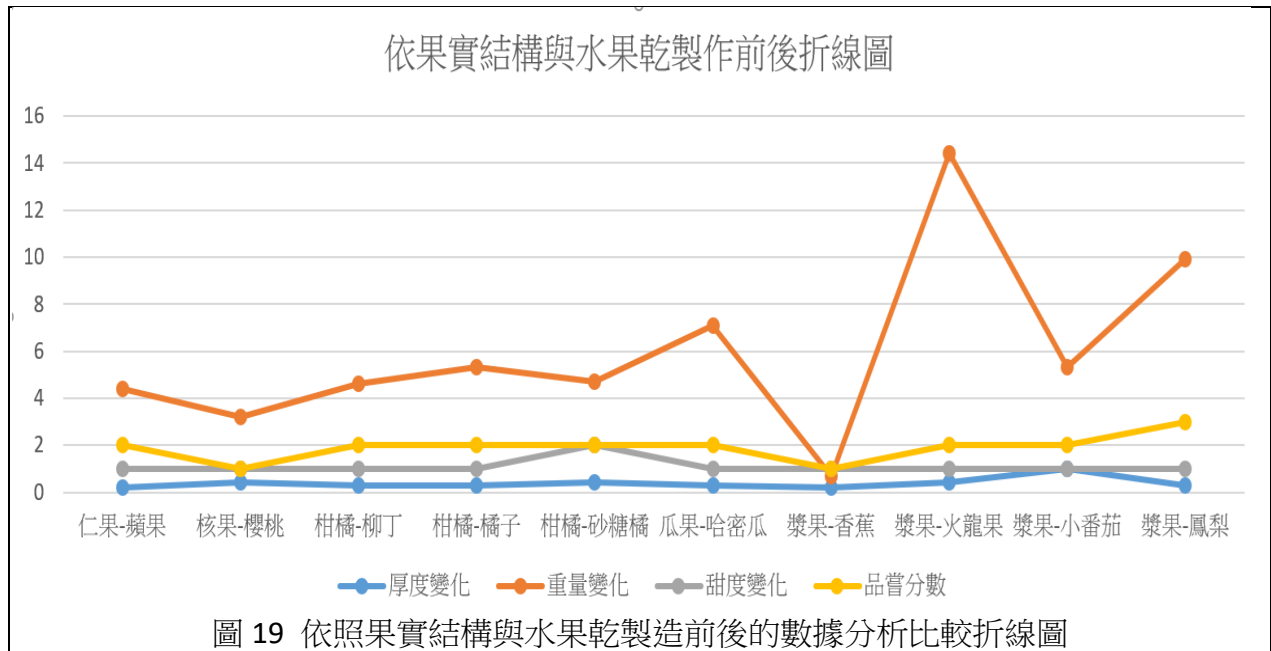


3.由圖 18 可以大致看出，低含水量的水果，略低於於高含水量的各項數據變化。

4.由圖 18 可以明顯看出，櫻桃雖為高含水量水果，但各項數值卻明顯偏小；可能和**果皮不易透水**有關。

(三)依據植物學的「**果實結構**」進行分類分析比較，如圖 19 所示。

- 1.仁果類：**蘋果**。
- 2.核果類：**櫻桃**。
- 3.柑橘類：**橘子、柳橙、砂糖橘**。
- 4.瓜果類：**哈密瓜**。
- 5.漿果類：**香蕉、鳳梨、火龍果、番茄**。



- 6.由圖 19 可以明顯的看出，同為漿果類的香蕉和火龍果，在重量的變化上，有非常大的差別。這表示：果肉的結構和烘培成水果乾時，會影響水分的散失。還有原水果本身的含水量多寡也會有影響，才會導致明顯差異的結果。
- 7.核果類的櫻桃，普遍數值偏小。而漿果類的數值普遍偏大，除了香蕉以外。
- 8.漿果類水果，數值變化會因為水果的種類不同而明顯的起伏很大；柑橘類，在整體數值上的表現，起伏不會因為水果的種類而有所不同，這可能和**柑橘類的果實結構**一致性高度相關性。

柒、參考資料及其他

- 一、翰林出版社，自然科學第四冊，第五章 有機化合物 5-4 有機物在生活中的應用。
- 二、南一出版社，自然科學第四冊，第五章 有機化合物 5-2 常見的有機物。
- 三、龍騰出版社，普通化學，第四章 生活化學 4-1 生活中常見的有機物。
- 四、久順餐飲設備有限公司，[果乾機操作說明](#)，高溫消毒櫃操作說明書。
- 五、巧兒灶咖 Ciao Kitchen。2022/09/26。[食物乾燥機使用心得、應用食譜、各種食物適用溫度](#)。取自 <https://ciao.kitchen/food-dehydrator/>
- 六、YouTube 影片，恰飯橘，2021。[花 50 塊買了 10 斤芒果，在家自製芒果幹，味道怎麼樣？](#)
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=7U219BKSj18>
- 七、YouTube 影片，楊桃美食網，2020。[做出鳳梨果乾！各種不同水果，你一定要試試看。](#)
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=TWPWPJvL2q0>
- 八、YouTube 影片，Mayuki TV，2021。[在家自己烘芭樂乾 天然零食 好吃健康 Aroma 果乾機。](#)
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=ZkEQG3JzGv8>
- 九、YouTube 影片，石頭美食 ShiTou，2021。[10 斤蘋果自製蘋果乾！酸甜軟糯有嚼勁，做法簡單零失敗！](#)取自：<https://www.youtube.com/watch?v=j3-Ueuu6n8Q>
- 十、陳家茂，輔英科技大學保/健營養系專任助理教授顧問，鄉間繽紛冬日(2016)，[自製果乾，營養衛生不求人](#)。
- 十一、張丞駒、洪稚翔、林竑鈞等，中華民國第 59 屆科展 生活與應用科學(二)科，[風和日「曬」—太陽能蔬果乾燥屋](#)。
- 十二、蘇文君，2001。[以微波預熱增進蔬果滲透脫水乾燥效率之研究](#)。碩士論文。彰化：大葉大學食品工程研究所。
- 十三、陳曉菁 等 (民 110)，[不同乾燥技術對愛文芒果品質之影響](#)。臺南區農業改良場研究彙報第 78 號。
- 十四、林敬恩 (民 109)。國立中興大學園藝學系，[滲透預處理及熱風乾燥對鳳梨果乾品質的影響](#)。碩士論文。
- 十五、陳子民、莫江婷、陳廣生、郭小璇、朱賢文。(2024)儲存與加工，第 2 期，第 80 頁，[現代水果乾製程技術研究進展](#)。